

# PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS DAN RANGKA TERBREIS PENAHAN TEKUK TIPE *MULTI-STORY X* SISTEM TUNGGAL PADA BANGUNAN 12 DAN 18 LANTAI

David Nicholas<sup>1</sup>, Hansel Henderson<sup>2</sup>, Hassan Santoso<sup>3</sup>, Effendy Tanojo<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Beban gempa menjadi pertimbangan dalam desain bangunan. Desain struktural biasanya dimulai dengan desain gaya gravitasi, kemudian meluas ke desain gaya lateral. Peristiwa seismik menyebabkan percepatan tanah yang mempengaruhi desain bangunan. Untuk mengurangi dampak akibat gempa bumi, kita wajib mendesain bangunan yang tahan terhadap gaya gempa bumi tersebut. Penelitian ini mengevaluasi kinerja struktur baja rangka bangunan RTKK (Rangka Terbreis Konsentris Khusus) dan RTPT (Rangka Terbeis Penahan Tekuk) dengan tipe Multistory X ber-sistem tunggal. Kedua bangunan akan dibandingkan kinerjanya dengan menggunakan Non-linear Time History Analysis. Bangunan yang ditinjau adalah bangunan 12 lantai (48 meter) dan 18 lantai (72 meter) dengan 5 bentang. Metode untuk mengatasi keterbatasan analisa struktur linear yang tidak bisa mengakses stabilitas yang digunakan adalah Direct Analysis Method (DAM). Pada penelitian ini, performa bangunan ditinjau berdasarkan berat struktur, nilai drift ratio dan displacement. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bangunan 12 lantai dan 18 lantai, berat struktur pada bangunan RTPT lebih ringan daripada bangunan RTKK, tetapi nilai drift ratio dan displacement pada bangunan RTKK lebih baik daripada bangunan RTPT. Bangunan RTKK memiliki jumlah sendi plastis yang lebih sedikit dibandingkan dengan bangunan RTPT.

**KATA KUNCI:** struktur baja, rangka terbreis konsentris khusus, rangka terbreis penahan tekuk, analisis riwayat waktu, DAM

## 1. PENDAHULUAN

Beban gempa menjadi pertimbangan dalam desain bangunan. Desain struktural biasanya dimulai dengan desain gaya gravitasi, kemudian meluas ke desain gaya lateral. Peristiwa seismik menyebabkan percepatan tanah yang mempengaruhi desain bangunan. Bergantung pada lokasi dan beratnya bangunan, gaya lateral yang terkait dengan desain seismik dapat bervariasi dan dapat mengontrol desain sebuah struktur. Peristiwa seismik atau gempa ini, menimbulkan banyak dampak negatif yang telah kita semua ketahui atau mungkin rasakan, seperti, korban jiwa, kerusakan bangunan, kerusakan infrastruktur. Maka dari itu, untuk mengatasi dampak akibat gempa, kita wajib mendesain bangunan yang tahan terhadap gaya gempa agar dapat mengurangi dampak yang terjadi karena gempa.

---

1 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [b11170005@john.petra.ac.id](mailto:b11170005@john.petra.ac.id)

2 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [b11170021@john.petra.ac.id](mailto:b11170021@john.petra.ac.id)

3 Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [hasan@petra.ac.id](mailto:hasan@petra.ac.id)

4 Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [effendy@petra.ac.id](mailto:effendy@petra.ac.id)

Menurut standar SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.4 untuk batas ketinggian bangunan dengan kategori desain seismik D dan E, apabila struktur mempunyai sistem penahan gaya gempa, berupa rangka baja dengan bresing konsentris khusus dan rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk, maka tinggi bangunan yang diijinkan 48m sampai 72m. Dengan syarat struktur tidak boleh memiliki ketidakberaturan torsi yang berlebihan dan rangka baja dengan bresing konsentris khusus dan rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk pada semua bidang harus menahan tidak lebih dari 60 persen gaya gempa total dalam setiap arah.

Pada penelitian kali ini, bangunan yang akan diteliti memiliki bentang yang sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Thiosalim dan Adiputro (2020). Bangunan tersebut memiliki 5 bentang dengan jarak masing-masing bentang sebesar 8 meter. Untuk bangunan 12 lantai dipilih ketinggian 48 meter dan bangunan 18 lantai dipilih ketinggian 72 meter agar bangunan memenuhi 2 syarat yang terdapat di SNI 7.2.5.4. Karena pada penelitian Thiosalim dan Adiputro (2019), disimpulkan bahwa bresing tipe *multistory-X* lebih baik dibandingkan dengan tipe *single diagonal*, dan sistem tunggal lebih baik daripada bangunan bersistem ganda. Maka dari itu, untuk bagian bresing pada penelitian kali ini dipilih untuk menggunakan tipe bresing *multistory-X* dan bangunan bersistem tunggal. Dalam penelitian kali ini juga dilakukan penelitian terhadap penggunaan dari bresing konsentris khusus berporfil *hollow* dan bresing penahan tekuk untuk mengetahui performa kedua jenis bresing tersebut.

## 2. RANCANGAN PENELITIAN

Pada penelitian kali ini, ada dua jenis breising yang akan digunakan pada bangunan *multi-story X* yaitu breising konsentris khusus dan breising penahan tekuk. Jumlah lantai yang digunakan untuk masing-masing breising adalah 12 dan 18 lantai. Semua bangunan tersebut memiliki bentuk tipikal panjang bentang 8 meter dan 5 bentang dengan dua bentang breising pada bentang kedua dan keempat. Setiap bangunan akan diteliti menggunakan sistem tunggal (*single system*).

Langkah pertama pada penelitian ini adalah melakukan *preliminary design* pada semua bangunan dengan bantuan program ETABS 2016 untuk melakukan analisa struktur secara tiga dimensi.

Langkah kedua adalah memasukan beban-beban yang dipikul oleh struktur, antara lain beban mati (*Dead Load*), beban hidup (*Live Load*), beban gempa arah X (*Earthquake X*), dan beban gempa arah Y (*Earthquake Y*). Setelah permodelan struktur dan beban ditetapkan, dilakukan penyesuaian struktur pada bangunan. Pada bangunan sistem tunggal (*single system*), permodelan dilakukan dengan dua kondisi. Kondisi yang pertama adalah kondisi normal, dan kondisi yang kedua adalah seluruh balok interior di-*release* agar seluruh beban lateral akibat beban gempa dipikul oleh portal dengan breising. Kondisi kedua ini dilakukan agar memastikan ketika bagian interior di-*release* kapasitas profil bagian portal eksterior tetap cukup kuat saat menerima beban gempa maksimal. Beban lateral akibat beban gempa diterima minimal 25 persen pada bagian interior bangunan sesuai pada SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1. Setelah itu, dilanjutkan dengan pengecekan syarat 85% static equivalent base shear dan persyaratan drift bangunan.

Langkah ketiga adalah melakukan desain kapasitas atau *capacity design* pada bangunan sesuai SNI 7860:2015 (yang diperbaharui dengan AISC 341-16) untuk seluruh elemen bangunan. Pada sistem tunggal (*single system*), desain kapasitas atau *capacity design* hanya dilakukan pada portal bagian luar dengan breising saja. Dengan dilakukannya desain kapasitas atau *capacity design*, bangunan akan tetap dapat bertahan dan tidak langsung hancur setelah gempa terjadi.

Setelah semua syarat terpenuhi, langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan pengaturan pada kondisi sendi plastis (*hinge*) seluruh elemen bangunan. Setelah itu, dilakukan analisa kinerja bangunan dengan *nonlinear time history analysis*. Analisa ini akan berjalan lebih lama jika dibandingkan dengan langkah-langkah sebelumnya, karena mengingat banyaknya langkah yang digunakan. Ada dua hasil

dari analisa dengan *nonlinear time history analysis*, yang pertama yaitu hasil *drift ratio* dari bangunan, yang kemudian akan ditinjau berdasarkan FEMA 356-2000. Kedua, letak sendi plastis dan kerusakan bangunan.

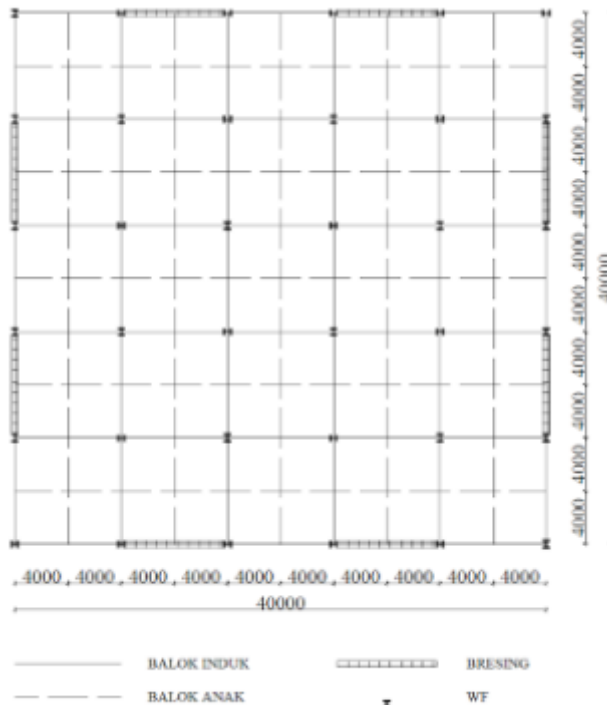
### 3. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Bangunan yang Akan Dipakai

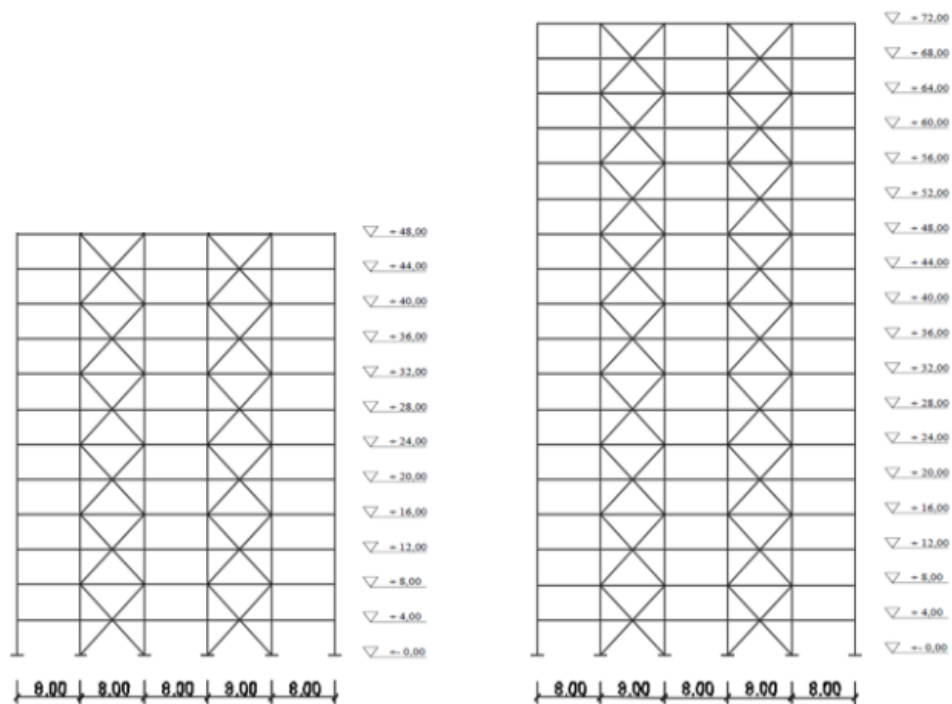
Tertotal akan ada 4 bangunan yang akan di pakai di dalam penelitian ini, yaitu bangunan dengan ketinggian 12 dan 18 lantai, menggunakan breising berbentuk *multistory-X*, dengan profil *hollow* dan penahan tekuk, memakai bangunan bersistem tunggal. Pada **Tabel 1.** akan ditunjukkan kode penamaan bangunan, **Gambar 1.** untuk denah bangunan, dan **Gambar 2.** untuk tampak depan dan samping bangunan.

**Tabel 1. Kode Penamaan Bangunan**

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>52J12MXT-RTKK</b> | Bangunan 5 bentang dengan 2 bentang breising, pada wilayah Jayapura, 12 Lantai, breising <i>multistory-X</i> , sistem tunggal, dan breising <i>Hollow</i> |
| <b>52J12MXT-RTPT</b> | Bangunan 5 bentang dengan 2 bentang breising, pada wilayah Jayapura, 12 Lantai, breising <i>multistory-X</i> , sistem tunggal, dan breising penahan tekuk |
| <b>52J18MXT-RTKK</b> | Bangunan 5 bentang dengan 2 bentang breising, pada wilayah Jayapura, 18 Lantai, breising <i>multistory-X</i> , sistem tunggal, dan breising <i>Hollow</i> |
| <b>52J18MXT-RTPT</b> | Bangunan 5 bentang dengan 2 bentang breising, pada wilayah Jayapura, 18 Lantai, breising <i>multistory-X</i> , sistem tunggal, dan breising penahan tekuk |



**Gambar 1. Denah Bangunan**



Gambar 2. Tampak Depan dan Samping Bangunan

### 3.2. Perbandingan Berat Antar Bangunan

Perbandingan berat antar bangunan yang telah di desain akan disajikan pada Tabel 1., Tabel 2. dan Tabel 3.

Tabel 1. Perbandingan Berat Bangunan Terpakai 12 Lantai

| Mutu           | Faktor | Berat Bangunan Terfaktor (ton) |               |
|----------------|--------|--------------------------------|---------------|
|                |        | 52J12MXT-RTKK                  | 52J12MXT-RTPT |
| A36            | 1,00   | 1727,732                       | 1470,752      |
| A992           | 1,38   | 131,552                        | 105,241       |
| A913 Gr. 65    | 1,80   | 171,595                        | 171,595       |
| <b>Total =</b> |        | 2030,879                       | 1747,589      |

Tabel 2. Perbandingan Berat Bangunan Terpakai 18 lantai

| Mutu           | Faktor | Berat Bangunan Terfaktor (ton) |               |
|----------------|--------|--------------------------------|---------------|
|                |        | 52J18MXT-RTKK                  | 52J18MXT-RTPT |
| A36            | 1,00   | 2059,635                       | 2050,983      |
| A992           | 1,38   | 131,556                        | 263,112       |
| A913 Gr. 65    | 1,80   | 343,190                        | 0,000         |
| <b>Total =</b> |        | 2534,381                       | 2314,096      |

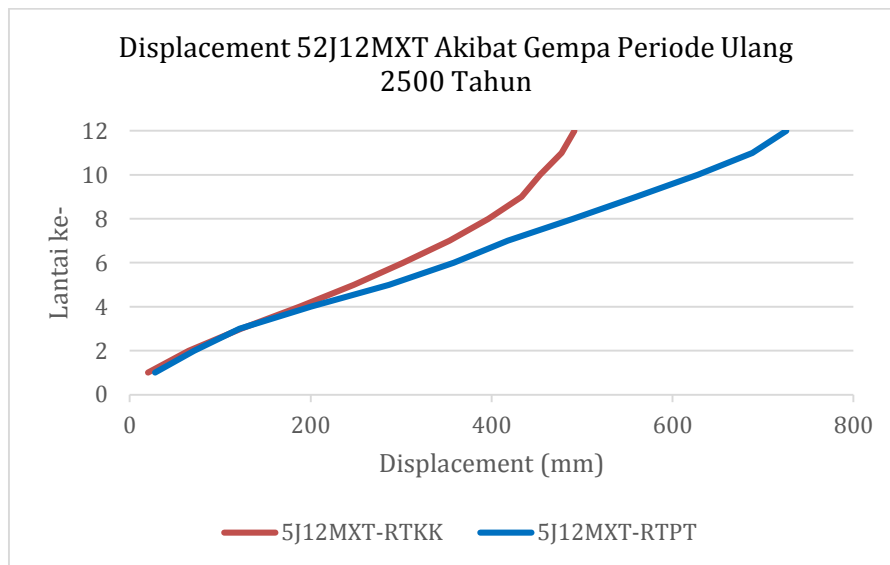
Tabel 3. Perbandingan Berat Bangunan Sebelum dan Setelah *Capacity Design*

| Bangunan         | Berat total | Persentase | Bangunan         | Berat total | Persentase |
|------------------|-------------|------------|------------------|-------------|------------|
|                  | ton         | %          |                  | ton         | %          |
| 52J12MXT-RTKK    | 1622,578    | 100        | 52J18MXT-RTKK    | 1991,724    | 100,000    |
| 52J12MXT-RTKK CD | 1917,176    | 118,156    | 52J18MXT-RTKK CD | 2444,268    | 122,721    |
|                  |             |            |                  |             |            |
| 52J12MXT-RTPT    | 1582,605    | 100        | 52J18MXT-RTPT    | 1991,724    | 100,000    |
| 52J12MXT-RTPT CD | 1613,605    | 101,959    | 52J18MXT-RTPT CD | 2280,32     | 114,490    |

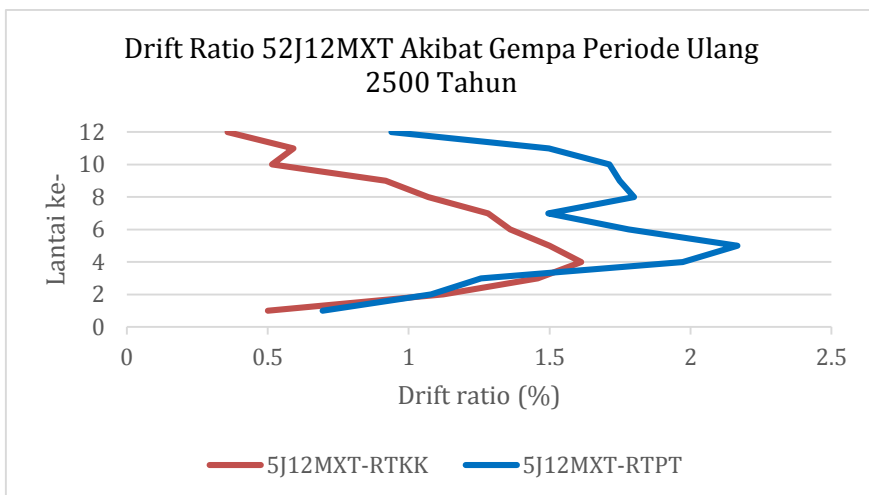
Dapat dilihat bahwa dalam bangunan 12 maupun 18 lantai, bangunan yang menggunakan breising penahan tekuk memiliki berat yang lebih ringan kurang lebih 12,9% dibandingkan dengan bangunan yang menggunakan breising *hollow* konsentris khusus. Setelah proses *capaity design*, dapat dilihat bahwa bangunan RTPT mengalami kenaikan berat lebih sedikit daripada bangunan RTKK

### 3.3. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan

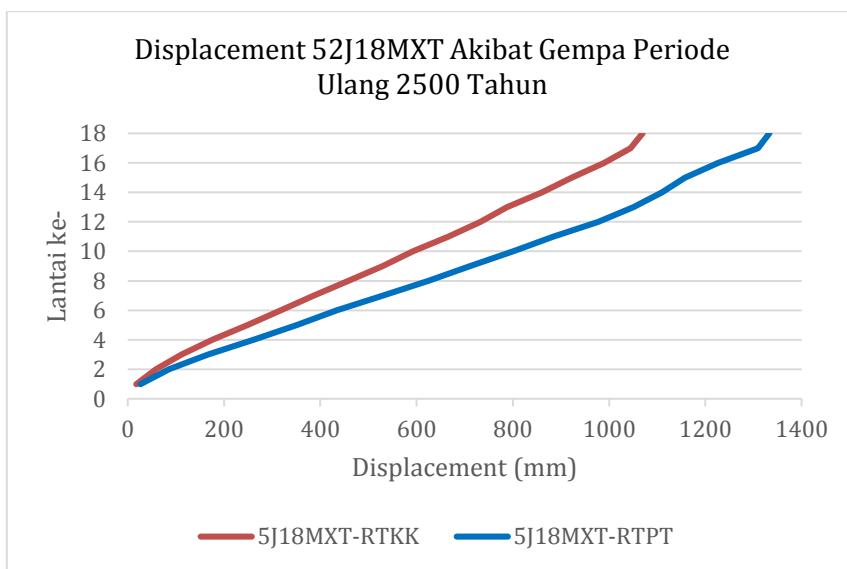
Berikut akan ditampilkan pada **Gambar 3.**, **Gambar 4.**, **Gambar 5.**, **Gambar 6.** perbandingan *drift* bangunan 52J12MXT-RTKK, 52J12MXT-RTPT, 52J18MXT-RTKK, 52J18MXT-RTPT.



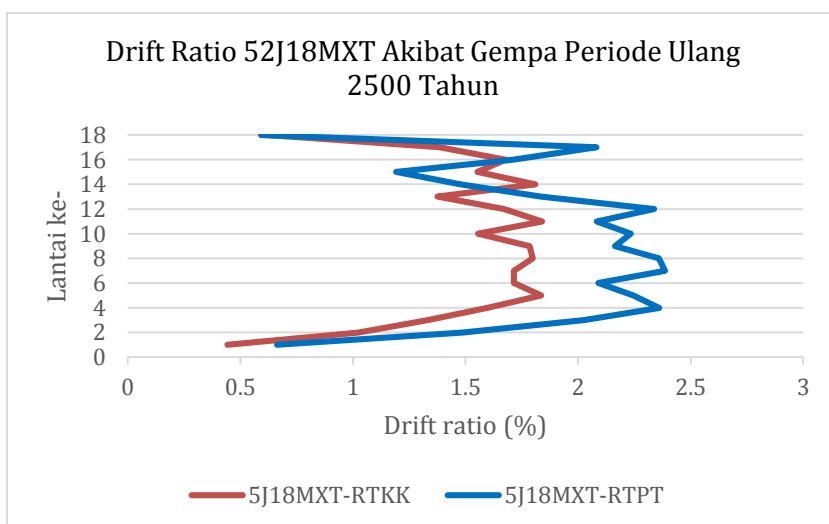
Gambar 3. Perbandingan *Displacement* Bangunan 52J12MXT



Gambar 4. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 52J12MXT



Gambar 5. Perbandingan *Displacement* Bangunan 52J18MXT



Gambar 6. Perbandingan *Drift Ratio* Bangunan 52J18MXT

Berdasarkan hasil *drift* dan *displacement*, bangunan yang menggunakan breising penahan tekuk memiliki hasil *drift* yang kalah lebih baik daripada bangunan yang menggunakan breising *hollow*. Untuk hasil *drift* dan *displacement* maksimum dapat dilihat pada **Tabel 4.** dan **Tabel 5.**

**Tabel 4. Hasil *Displacement* Maksimum**

| Jenis Bangunan | <i>Displacement</i> maksimum<br>(m) |
|----------------|-------------------------------------|
| 52J12MXT-RTKK  | 0,492                               |
| 52J18MXT-RTKK  | 1,070                               |
| 52J12MXT-RTPT  | 0,726                               |
| 52J18MXT-RTPT  | 1,333                               |

**Tabel 5. Hasil *Drift* Maksimum**

| Jenis Bangunan | <i>Drift Ratio</i> Maksimum<br>(%) |
|----------------|------------------------------------|
| 52J12MXT-RTKK  | 1,613                              |
| 52J18MXT-RTKK  | 1,840                              |
| 52J12MXT-RTPT  | 2,167                              |
| 52J18MXT-RTPT  | 2,386                              |

### 3.4. Sendi Plastis yang Terjadi

Bangunan RTKK memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan bangunan RTPT dikarenakan bangunan RTPT memiliki sendi plastis yang lebih banyak. Meskipun, pada bangunan RTKK ada sendi plastis sampai tingkat kerusakan E, dan pada bangunan RTPT hanya sampai kerusakan C, tetapi secara keseluruhan bangunan RTKK memiliki sendi plastis lebih sedikit. Berikut akan disajikan pada **Gambar 7.** mengenai tingkat kerusakan struktur akibat terjadinya sendi plastis dan **Tabel 6.** mengenai rekapitulasi tingkat kerusakan sendi plastis.

| Keterangan | Simbol | Penjelasan   |
|------------|--------|--|
| B          |        | Menunjukkan batas linier yang kemudian diikuti terjadinya pelepasan pertama pada elemen struktur                         |
| C          |        | Batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan elemen struktur   |
| D          |        | Terjadi degradasi kekuatan struktur yang besar, sehingga kondisi elemen struktur tidak stabil dan hampir <i>collapse</i> |
| E          |        | Elemen struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan hancur  |

**Gambar 7. Tingkat Kerusakan Struktur Akibat Terjadinya Sendi Plastis**

**Tabel 6. Rekapitulasi Tingkat Kerusakan Sendi Plastis**

| Bangunan      | Lokasi Sendi Plastis |           |          |         |
|---------------|----------------------|-----------|----------|---------|
|               | Eksterior            |           | Interior |         |
|               | Elemen               | Tingkat   | Elemen   | Tingkat |
| Kerusakan     |                      | Kerusakan |          |         |
| 52J12MXT-RTKK | Balok                | B         | Balok    | B       |
|               | Kolom                | B         | Kolom    | B       |
|               | Breising             | C         | Breising | -       |
| 52J12MXT-RTPT | Balok                | B         | Balok    | B       |
|               | Kolom                | B         | Kolom    | B       |
|               | Breising             | C         | Breising | -       |
| 52J18MXT-RTKK | Balok                | B         | Balok    | B       |
|               | Kolom                | B         | Kolom    | B       |
|               | Breising             | E         | Breising | -       |
| 52J18MXT-RTPT | Balok                | B         | Balok    | B       |
|               | Kolom                | B         | Kolom    | B       |
|               | Breising             | C         | Breising | -       |

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah kami lakukan melalui analisa program struktur ETABS 2016, di dapati hasil bahwa untuk berat struktur bangunan, bangunan RTPT memiliki berat yang lebih ringan 12.8% dibandingkan dengan bangunan yang menggunakan breising *hollow*. Tetapi, bangunan yang menggunakan breising penahan tekuk kalah baik dalam nilai *drift*, *displacement* dan banyaknya sendi plastis yang terjadi pada bangunan.

#### 5. REFERENSI

- American Society of Civil Engineers. (2000). *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings: FEMA 356*, Washington, D.C., Amerika Serikat.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung: SNI 1726:2012*, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Ketentuan Seismik untuk Struktur Baja Bangunan Gedung (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings): ANSI/AISC 341-10, IDT: SNI 7860:2015*, Jakarta, Indonesia.
- Thiosalim, K.S., Adiputro, J.A. (2019). *Perbandingan Kinerja Struktur Baja Rangka Terbreis Konsentris Khusus Sistem Tunggal dan Ganda Tipe Multistory x dan Single Diagonal Pada Bangunan 12 dan 18 Lantai*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.